

Mixing at the entrance of Tokyo Bay : observation and simulation

学位名	博士(海洋科学)
学位授与機関	東京海洋大学
学位授与年度	2013
学位授与番号	12614博甲第326号
URL	http://id.nii.ac.jp/1342/00000997/

博士学位論文内容要旨
Abstract

専攻 Major	応用環境システム学	氏名 Name	國分 祐作
論文題目 Title	Mixing at the entrance of Tokyo Bay: observation and simulation (東京湾湾口部における混合：観測とシミュレーション)		

【背景と目的】

閉鎖性内湾の湾口部における混合現象は、外海との物質輸送に大きく影響を及ぼす。また、湾口部における物質輸送量の変化は、湾内における物質量の収支を決定付ける。従って、湾口部の混合現象は、湾内の環境や生態系形成に密接に関係している。

沿岸域における混合は、潮汐の影響により半日周期の変動が卓越する。そこで、潮汐周期で発生する鉛直混合を解明することを目的として、これまで多く研究がなされてきた。上げ潮時における強混合の発生は Jay and Smith (1990) 及び Simpson (1990) によって、また、下げ潮時における強混合は Kay and Jay (2003) 及び MacDonald and Horner-Devine (2008) によって報告されている。前者は SIPS (Strain Induced Periodical Stratification) と呼ばれ、成層が緩やかな沿岸域にて確認された現象である。後者は成層が明瞭な河口域で確認された現象である。このような上げ潮と下げ潮時における混合の強度が異なる現象は、混合の非対称性 (Mixing Asymmetry) と呼ばれている。閉鎖性内湾である東京湾においては、潮汐と海上風の影響が大きく、夏期には明瞭な密度成層が、冬期には鉛直混合と熱塩循環が発生する (長島、岡崎、1979)。また、外洋の海水が大潮-小潮周期に湾内部へ侵入することが示唆されている (中山ら、2000)。しかし、季節毎の混合の直接観測との比較検証例は少なく、未だ解明に至っていない。

閉鎖性内湾の湾口部における混合現象は、潮汐や季節変動及びその他の外的要因により複雑であることから、発生メカニズムは未だ十分な理解が成されていない。そこで本研究では、混合現象のメカニズムを究明することを目的とし、現場観測と数値モデルを用いて研究を行った。

【方法】

閉鎖性内湾である東京湾の湾口部を対象海域とし、乱流微細構造観測装置 TurboMAP-L と超音波ドップラー式流向流速計 (ADCP) を用いて、乱流鉛直混合の直接観測を行った。神奈川県久里浜沖に設けた定点にて春期、夏期、冬期の各期間において 24 時間連続観測を行った。また、6 時間連続観測は計 6 回行い、補正資料として統計解析を行った。さらに、乱流混合計算に特化した鉛直一次元乱流数値モデル GOTM (General Ocean Turbulence Model) 及び三次元乱流数値モデル GETM (General Estuarine Transport Model) を用いて、現場の混合状態の再現及び比較検証を行った。

【結果と考察】

東京湾湾口部の混合は、密度成層の強度によって分類され、混合発生時の特徴が明らかとなった。混合の強化は、夏季は下げ潮時に、春期は上げ潮時に発生していた。成層の弱い冬季においては、下げ潮時と上げ潮時の両期間にて混合が強化されることが分かった。これら観測期間における乱流エネルギー散逸率は、全てほぼ単一の対数正規分布で表されることが分かった。また、成層の強度を示すブラント・バイサラ振動数については、夏期と春期においてはほぼ単一の対数正規分布となったが、冬期においては二つのモードを持つ結合対数正規分布で表されることが明らかとなった。これらエネルギー散逸率とブラント・

バイサラ振動数が確率密度関数によって表されることから、乱流混合に関する統計的な議論が可能となった。

さらに、湾口の一部を一次元の水路と仮定し、水路を通しての海水交換を水圧モデル (Ivey, 2004) により定量化を試みた結果、夏季及び春期は交換率が高く (87%程度)、冬季は交換率が低い (38%程度) ことが分かった。これは、夏期と春期においては、成層が強化され上層と下層で流れが異なることに起因し、冬期においては成層が弱くなり、鉛直混合が全層にわたって可能であるためと考えられた。

ここで、観測結果を数値モデルに反映させるため、実測の乱流エネルギー散逸率とそのパラメータ化及び一次元水柱モデル(GOTM)との比較を行った。さらに、Mackinnon and Gregg (2003)によるモデルを用いてエネルギー散逸率のパラメータ化を試みた。実測値、GOTM の計算結果、経験式の結果を比較した結果、両者の方法とも現場の混合状態を充分表現することができないことが分かった。これは、単純な一次元モデルでは内部波などの三次元的な現象による混合を表すことが困難なことが原因であると示唆された。

最後に、東京湾を再現した外部条件を GETM に用いて、三次元的な海況の変動の再現を行った。湾奥部 (千葉灯標検潮所) における実測潮位と GETM から予測された水位を比較した結果、相関が高く再現することができた。GETM の流速値から行った粒子追跡の結果より、大潮-小潮の潮汐変動によって湾口を通過する粒子の量を定量的に評価することが可能となった。